

Abstract - FR 2 594 555

The invention relates to an acoustic radar operating on the "sonar" principle, i.e. measuring the time of return of short periodically emitted pulses. The analysis of these pulses yields an instantaneous image of the scene under surveillance. This instantaneous image is compared 20 with a previously acquired reference image 10 and, in the event of a disagreement between them, the newly-formed echo is studied 30 more thoroughly in such a way as either to trigger an alarm 40 or possibly to update 50, 60 the reference image. The device can be used particularly outside in order to keep watch on the porch of a dwelling, by virtue of the excellent rejection of outside disturbances (air movements, swaying of branches, temperature variations, etc) which reduces the number of false alarms to a minimum.

=2= BASIC 000.-

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

G01S15/52B1 | N° de publication :
Ils n'utilisent que pour les commandes de reproduction

2 594 555

(21) N° d'enregistrement national :

86 02154

(51) Int Cl⁴ : G 01 S 15/50; G 08 B 13/22.

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 18 février 1986.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 34 du 21 août 1987.

⑥ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Procédé de traitement du signal délivré par un radar de détection d'approche d'un individu, et dispositif radar mettant en œuvre ce procédé.

57 L'invention concerne un radar acoustique fonctionnant sur le principe du « sonar », c'est-à-dire mesurant le temps de retour de brèves impulsions émises périodiquement.

L'analyse de ces impulsions permet d'obtenir une image instantanée de la scène à surveiller.

Cette image instantanée est comparée 20 à une image de référence préalablement acquise 10 et, en cas de discordance, on étudie 30 de façon plus approfondie l'écho naissant, de manière soit à déclencher une alarme 40, soit éventuellement à mettre à jour 50, 60 l'image de référence.

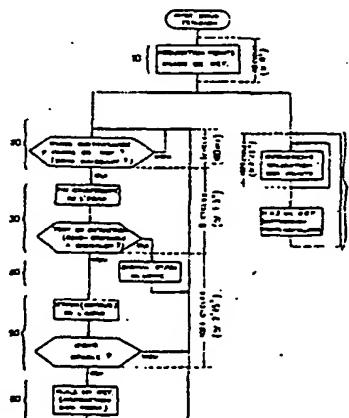
Le dispositif peut en particulier être utilisé à l'extérieur pour surveiller le porche d'une habitation, grâce à l'excellent réjection des perturbations extérieures (mouvements d'air, balancement de branches, variations de température...), en réduisant à un minimum le taux de fausses alarmes.

(71) Demandeur(s) : BLACK & DECKER, INC. - US.

(72) Inventeur(s) : Jean-Bernard Quintet

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : Cabinet Regimbeau, Corre, Martin, Schrimpf, Warcoin et Ahner.



FR 2 594 555 - A1 -

La présente invention concerne un procédé de traitement du signal délivré par un radar de détection d'approche d'un individu, ainsi qu'un dispositif radar mettant en oeuvre ce procédé.

5 On connaît de nombreux types de radars destinés à détecter l'approche ou l'intrusion d'un individu dans une habitation, ces radars comportant des moyens émetteurs produisant un champ électromagnétique (hyperfréquence ou infrarouge) ou acoustique (généralement ultrasonore), couplés à des moyens récepteurs détectant une perturbation de ce champ par un obstacle en mouvement, cette perturbation apparaissant généralement sous forme d'une modulation Doppler ou d'une modulation de phase dans le signal reçu.

10 15 L'utilisation de tels radars est cependant généralement limitée à une détection volumétrique à l'intérieur d'une habitation, en raison de leur sensibilité aux perturbations extérieures apportées par l'environnement au cas où le radar serait placé à l'extérieur de l'habitation : en effet, dans ce cas, le champ électromagnétique ou acoustique serait perturbé par les mouvements d'air, les variations de température, les oscillations de branchages, toutes perturbations susceptibles de déclencher à tort une 20 25 alarme, dans l'impossibilité de discriminer efficacement un obstacle nouveau à signaler effectivement des perturbations parasites apportées par l'environnement.

30 L'un des buts de l'invention est de proposer un radar de détection d'approche d'un individu qui puisse être utilisé à l'extérieur d'une habitation, grâce à une discrimination efficace entre les obstacles à signaler réellement et les perturbations, même importantes, apportées par l'environnement.

Le radar de l'invention ne fonctionne pas suivant le principe décrit plus haut de détection d'une modulation dans un champ électromagnétique ou acoustique couvrant complètement la scène à surveiller.

Au contraire, le radar de l'invention fonctionne selon le principe du "sonar", c'est-à-dire que le radar utilisé est un radar acoustique impulsional illuminant la scène et recevant des échos espacés dans le temps en fonction de la distance séparant le radar de l'obstacle correspondant : le signal reçu prend donc en compte non seulement les cibles mobiles, mais également les cibles fixes de l'environnement (à la différence d'un radar du type décrit plus haut, qui ne prend en compte que les cibles mobiles, seules susceptibles de créer une modulation du champ électromagnétique ou acoustique émis).

L'idée-mère de l'invention est d'acquérir et de mémoriser une image de référence de la scène à surveiller (cette image comprenant donc une représentation de tous les échos fixes situés dans le champ du radar), et de comparer périodiquement l'image instantanée de la scène à l'image de référence mémorisée. Si des conditions particulières sont vérifiées (ces conditions permettant une réjection des perturbations parasites apportées par l'environnement), une alarme est déclenchée. Parallèlement, l'image de référence est réactualisée à intervalles réguliers pour tenir compte de l'évolution lente de l'environnement (variations de température, par exemple).

Plus précisément, le procédé de traitement du signal selon l'invention est caractérisé par les étapes suivantes :

a) à chaque impulsion :

- a1) numérisation de l'amplitude du signal ;
- a2) échantillonnage dans le domaine temporel du signal ainsi numérisé sur X positions ;

5 b) au cours d'une phase préalable :

- b1) chargement d'un registre avec l'échantillon obtenu, de manière à mémoriser une image de référence de la scène illuminée, comportant, parmi les X positions de l'échantillon, une pluralité de points correspondant chacun à un écho respectif reçu ;

10 c) à chaque impulsion suivante :

- c1) comparaison de l'échantillon courant, représentatif d'une image instantanée de la scène, avec l'image de référence ;
- c2) en cas de discordance, correspondant à un nouvel écho reçu, pré-étude courte de la scène par analyse de N échantillons consécutifs, de manière à détecter un obstacle nouveau en discriminant celui-ci des échos parasites de l'environnement ;
- c3) en cas d'obstacle nouveau ainsi détecté, déclenchement d'une signalisation et/ou d'une alarme.

Avantageusement, après l'étape c2 de pré-étude, et dans le cas où aucun obstacle nouveau n'est détecté, on exécute les étapes suivantes :

- c4) étude longue de la scène par analyse de M échantillons consécutifs, de manière à détecter une stabilisation du nouvel écho reçu ;
- c5) en cas de nouvel écho ainsi détecté stable, mise à jour de l'image de référence par addition d'un point supplémentaire correspondant à ce nouvel écho stable reçu.

De préférence, simultanément ou successivement

à l'étape c, on exécute l'étape suivante :

d) validation de l'image de référence, par :

5 d1) analyse de P échantillons consécutifs, de manière à vérifier que, pour chaque point de l'image de référence, un écho apparaît au moins une fois parmi les P échantillons consécutifs ;
d2) mise à jour de l'image de référence par suppression des points pour lesquels aucun écho correspondant n'est apparu.

10 Dans ce dernier cas, l'exécution de l'étape d1 est de préférence suspendue lorsqu'une étape c2 de pré-étude est déclenchée et exécutée.

15 De préférence, l'étape a2 d'échantillonnage est précédée d'une étape de pré-échantillonnage du signal précédée d'une étape de pré-échantillonnage du signal sur un nombre de positions k. X multiple de x, chaque position de l'échantillon n'étant prise en compte que si un écho est présent plusieurs fois parmi les k positions correspondants du pré-échantillon.

20 Par ailleurs, de préférence, après mémorisation et éventuellement mise à jour de l'image de référence, on exécute une étape complémentaire d'adjonction, de part et d'autre de chaque point de l'image de référence, d'au moins un point adjacent.

25 En ce qui concerne les conditions à vérifier pour le déclenchement de l'alarme, l'étape c2 de pré-étude comporte :

30 . un test de mouvement radial de l'obstacle nouveau, l'alarme étant déclenchée si le nouvel écho correspondant s'est déplacé au moins une fois parmi les N échantillons consécutifs analysés ;
. un test de mouvement transversal de l'obstacle nouveau, l'alarme étant déclenchée si :

5 - le nouvel écho est présent plus d'une fois parmi les N échantillons successifs analysés, ou si cet écho fait disparaître une pluralité d'autres échos correspondant à des obstacles situés à plus grande distance,

10 - le nouvel écho correspondant n'est pas immédiatement adjacent à un point de l'image de référence,

 - le nouvel écho correspondant présente une largeur correspondant à au moins deux positions successives de l'échantillon,

15 - le nombre d'apparitions et de disparitions du nouvel écho correspondant, parmi les N échantillons successifs analysés, reste inférieur à un nombre prédéterminé.

15 Ces différentes conditions peuvent être cumulatives ou alternatives, selon le mode de détection que l'on souhaite privilégier, et le type de perturbations susceptibles d'être apportées par l'environnement. La combinaison de conditions qui sera décrite par la suite dans la description ne sera donnée qu'à titre d'exemple, sans aucun caractère limitatif, de très nombreuses combinaisons de conditions pouvant être envisagées.

20 L'invention s'applique aussi à un dispositif radar de détection d'approche d'un individu, du type comprenant :

25 . des moyens émetteurs-récepteurs d'un signal acoustique pulsé ;

 . des moyens d'amplification du signal reçu ;

30 . des moyens de déclenchement d'une signalisation et/ou d'une alarme ; ainsi que

 . des moyens de traitement du signal amplifié par un procédé comportant une ou plusieurs des caractéristiques énoncées plus haut.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture détaillée d'un exemple de réalisation, décrit en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

5 . les figures 1 à 3 illustrent la manière dont est mis en place un dispositif d'alarme selon l'invention, au voisinage du porche d'entrée d'une habitation,

10 . la figure 4 est un schéma des circuits électroniques du dispositif de l'invention,

 . la figure 5 montre l'allure des signaux relevés au point X, Y et Z du schéma de la figure 4,

 . la figure 6 illustre trois obstacles placés dans le champ du dispositif de l'invention,

15 . la figure 7 montre les signaux recueillis, correspondant aux obstacles de la figure 6,

 . la figure 8 montre l'échantillon du signal de la figure 7, après échantillonnage et numérisation,

20 . la figure 9 montre le contenu de l'image de référence établie à partir de cet échantillon de signal,

 . la figure 10 montre une série d'états successifs de l'échantillon, évoluant au cours du temps,

 . la figure 11 montre l'image de référence mise à jour, tenant compte de l'évolution des signaux de la figure 10,

25 . la figure 12 est un organigramme expliquant les différentes étapes de traitement du signal échantillonné numérisé.

IMPLANTATION ET CARACTÉRISTIQUES DU DISPOSITIF

30 Sur les figures 1 à 3, la référence D désigne le détecteur à ultrasons de l'invention, placé sur le mur d'une habitation au voisinage de la porte d'entrée

P de celle-ci, le faisceau F du détecteur étant orienté de manière à surveiller la zone placée devant la porte, en évitant au maximum les obstacles pouvant obstruer totalement ou partiellement le faisceau à courte distance.

Plus précisément, le détecteur D est un détecteur directif à ultrasons, orientable selon deux degrés de liberté, suivant un cône d'angle au sommet 120° . Ce détecteur comporte un radar acoustique avec émission/réception par transducteur unique, travaillant en mode alterné et émettant des salves d'impulsions à une fréquence de 40 kHz, avec une fréquence de récurrence de l'ordre de 6 Hz.

Le volume surveillé est défini par le faisceau directif F correspondant sensiblement à un cône d'angle au sommet 30° , avec une portée de l'ordre de 3 m, la directivité étant obtenue par un pavillon acoustique à progression exponentielle placé devant le transducteur (ce pavillon permettant en outre l'atténuation des lobes secondaires).

Le transducteur ultrasonore va, dans la phase d'émission, transformer le signal électrique à 40 kHz en une onde de pression acoustique se propageant à la vitesse du son et opérera une transformation inverse dans la phase de réception.

La mesure du temps séparant l'émission de l'impulsion de la réception des échos provenant des obstacles interceptés par le faisceau donnera une indication de la distance séparant ces derniers du transducteur, le temps de propagation étant égal au quotient de la distance aller-retour par la vitesse du son dans l'air.

L'invention permettra la détection d'un indi-

vidu entrant dans le champ de détection de plusieurs manières (figure 3) :

- . soit en déplacement radial R dans l'axe du faisceau : dans ce cas, le détecteur verra apparaître un nouvel écho, mobile dans l'espace, qui va s'éloigner ou s'approcher suivant le sens du déplacement ;
- . soit en déplacement transversal T, perpendiculairement à l'axe du faisceau : un tel déplacement, plus complexe à détecter, se traduira par l'apparition puis la disparition au bout de quelques secondes d'un écho fixe dans l'espace (distance sensiblement constante), coïncidant avec le masquage quasi-total des échos correspondant aux obstacles situés en arrière (l'individu créant une "ombre" dans le faisceau),
- . soit en déplacement mixte (comportant des composantes à la fois radiales et transversales), comme illustré en M ou M',
- . soit, en l'absence de déplacement, si l'individu est apparu dans le faisceau et reste immobile à l'intérieur de celui-ci : il s'agit là d'une caractéristique tout à fait remarquable de l'invention, qui la distingue complètement des radars de type classique détectant une modulation (Doppler, de phase ,....) d'un champ électromagnétique ou acoustique : en effet, de tels radars ne permettent de détecter que des mouvements et sont désactivés si la cible s'immobilise, alors qu'au contraire le radar de l'invention continue à signaler la cible apparue, même si celle-ci reste immobile. Il y a donc à la fois détection de mouvement et de présence, alors que les radars classiques ne peuvent détecter que le mouvement.

On verra par la suite que le radar de l'invention permet une réjection très efficace des perturbations

extérieures apportées par l'environnement qui influencent le comportement des ultrasons, en évitant de déclencher des fausses alarmes par de telles perturbations.

5 Par ailleurs, il est prévu, pour la même raison, un temps minimum de présence dans le champ du faisceau (par exemple de l'ordre d'une demi-seconde) pour déclencher une alarme.

10 L'alarme déclenchée peut être une alarme de type classique (sirène, projecteurs,) ; il est également possible, en variante, de simplement allumer la lampe L d'éclairage du porche pendant une durée pré-déterminée (par exemple 30 secondes), avec recyclage automatique si la cause de détection subsiste, ce qui permet de dissuader les intrus ou les rôdeurs, sans 15 qu'il soit besoin d'allumer en permanence la lampe.

DESCRIPTION DES CIRCUITS ELECTRONIQUES

20 La figure 4 illustre les circuits électroniques permettant l'émission des signaux ultrasonores, la réception des signaux renvoyés et leur pré-traitement, ainsi que les circuits pour le déclenchement de l'alarme.

25 Ces circuits sont bâtis autour d'un micro-calculateur IC1 (par exemple du type ET 9422 N) qui permet à la fois la génération des signaux de pilotage à 40 kHz pour le transducteur (les salves à 40 kHz étant directement produites par le microcalculateur pour piloter le transducteur à l'émission sans oscillateur complémentaire), et le traitement des signaux reçus à 30 la même fréquence (les salves reçues étant directement appliquées au microcalculateur, en particulier sans détection d'enveloppe ou filtrage).

35 Le fonctionnement du microcalculateur est synchronisé sur la fréquence du secteur par le réseau R1, R2 et la diode zener D1, de manière à transformer

la tension sinusoïdale au secondaire du transformateur TR1 en une série d'impulsions à la fréquence de 50 Hz appliquée à l'entrée E1. Le cycle élémentaire de fonctionnement du microcalculateur sera ainsi par exemple de 160 ms, soit 8 périodes secteur .

En pratique, lors de la mise sous tension, le microcalculateur mesure la période du secteur et choisit le nombre de périodes définissant un cycle de façon que la durée de ce cycle soit toujours de l'ordre de 160 ms : il choisit ainsi 8 périodes pour un secteur à 50 Hz, et 10 périodes pour un secteur à 60 Hz.

La fréquence d'horloge du microcalculateur (qui conditionnera notamment la précision de la fréquence de 40 kHz appliquée au transducteur) est donnée par le quartz Q1 et le réseau C1, C2, R3.

Le déclenchement de l'alarme résultera d'un niveau logique haut à la sortie S1, qui commandera le relais RL1 par l'intermédiaire du réseau R4, R5 et du transistor T1. La fermeture du relais RL1 va provoquer la mise en circuit de la lampe L (ou de tout autre moyen d'alarme).

Les différentes tensions d'alimentation sont produites et délivrées par un ensemble de redressement, de filtrage et de régulation désigné globalement IC2.

La génération du signal d'émission à 40 kHz est effectuée à l'intérieur du microcalculateur IC1, de manière à produire des impulsions à cette fréquence sur la sortie S2. Ces impulsions sont transmises au transistor T2 qui les amplifie en courant (R6 et R7 étant des résistances de polarisation), le signal produit par ce transistor étant transmis via R8 à un bobinage L1 qui assure une double fonction d'élévation de tension et d'accord à 40 kHz, en combinaison avec C3.

Le signal ainsi amplifié en courant, en tension, et accordé pilote le transducteur ultrasonore TU, qui est par exemple un transducteur du même type que celui utilisé dans l'alarme MOS 22 commercialisée par

5 BLACK & DECKER.

Pendant cette phase d'émission, la diode D2 est bloquée, et la diode D4 impose à la borne E2 (entrée un signal reçu) un niveau 0.

10 L'émission du signal est ainsi réalisée sous la forme de salve très brève à 40 kHz, chaque salve ayant une durée d'environ 650 µs, avec une fréquence de récurrence de l'ordre de 6 Hz.

15 Pendant la période séparant deux salves consécutives (soit une durée d'environ 160 ms), on analyse le signal reçu par le transducteur TU, qui agit alors en capteur d'ultrasons.

20 Le signal ainsi recueilli au point X est illustré figure 5 : on voit qu'il présente une succession d'échos, chaque écho correspondant à un obstacle, plus ou moins distant, ayant renvoyé une fraction du signal émis.

25 Ce signal est transmis via R9, C4 à l'ensemble IC3, R10, qui va l'amplifier, pour délivrer le signal au point Y illustré figure 5.

30 Ce signal est alors appliqué à un détecteur de seuil constitué par le réseau R11, R12, la diode D3 et la résistance R13, l'ensemble étant associé à l'amplificateur opérationnel IC4 : le seuil de détection (désigné VS sur la figure 5) est égal à la tension directe de la diode diminuée dans le rapport des résistances R11 et R12.

Enfin, le signal est mis en forme par l'étage IC5 fonctionnant en bascule astable, qui opère ainsi une numérisation (en tout ou rien) : niveau haut 5 V ou

niveau bas 0 V, produisant ainsi le signal au point Z illustré figure 5. Ce signal est enfin appliqué à l'entrée E2 du microcalculateur via la diode D2.

On notera que, pendant cette phase, la 5 sortie S2 est forcée à 1, ce qui va bloquer la diode D4.

Il peut être par ailleurs avantageusement prévu un circuit permettant la mise en route du dispositif sans aucun interrupteur supplémentaire, en utilisant seulement l'interrupteur I déjà prévu pour l'allumage ou l'extinction de la lampe L.

La mise en route du détecteur se fait par une séquence rapide allumage-extinction-allumage de l'interrupteur I (par exemple sur une période de 3 s environ), cette manœuvre particulière étant interprétée comme un signal devant déclencher la mise en route du détecteur en mode automatique. A cet effet :

- juste après le premier allumage, la mise sous tension de l'alimentation applique, via la résistance R14,
- 20 un signal logique haut à l'entrée E3 du microcalculateur, le condensateur C5 étant déchargé et la diode D5 étant à haute impédance. Le condensateur C4 commence alors à se charger rapidement par l'intermédiaire de la résistance R15, et, au bout d'environ 1 s, le signal appliquée à l'entrée E3 via l'amplificateur IC6 passe au niveau bas.
- 25 à l'extinction suivante, la tension d'alimentation est coupée, et le condensateur C5 se décharge lentement à travers la résistance R16.
- 30 au second allumage, ce condensateur C5 n'étant pas encore totalement déchargé, le signal appliquée à l'entrée E3 est au niveau bas (et non plus au niveau haut) ce qui est interprété par le microcalculateur comme un ordre de passage en mode automatique. Ceci

va déclencher les séquences d'opérations décrites par la suite en référence à la figure 12, notamment l'acquisition d'une image de référence de la scène. Simultanément, la sortie S3 passe au niveau bas, ce qui force le condensateur C5 à se décharger.

Si au contraire l'interrupteur, au lieu d'être manipulé trois fois de suite rapidement, n'est manipulé qu'une seule fois, le système ne passera pas en mode automatique mais en mode manuel, en excitant en permanence le relais RL1, produisant un allumage permanent de la lampe.

TRAITEMENT DU SIGNAL REÇU

La figure 6 montre un exemple de trois obstacles désignés O1, O2 et O3, situés respectivement à des distances d1, d2, d3 différentes. Le signal recueilli aux bornes du transducteur aura la forme illustrée figure 7, à savoir trois salves à 40 kHz reçues à des instants t1, t2 et t3 fonction du temps mis par l'onde acoustique pour effectuer l'aller-retour entre le transducteur et l'obstacle.

On obtient ainsi une image de la scène projetée sur l'axe du faisceau, avec une discrimination en distance des différents obstacles (par contre, le système n'opère pas de discrimination angulaire, dans la mesure où deux cibles qui seraient situées à la même distance du transducteur mais placées à des endroits différents, produiraient un écho unique).

La largeur 11, 12, 13 des échos reçus est au moins égale à la largeur L de l'impulsion émise, d'où l'intérêt d'émettre une impulsion aussi courte que possible, pour obtenir une image d'autant plus fine. Les échos peuvent éventuellement se dédoubler ou se prolonger en fonction de l'épaisseur de l'objet ainsi que de l'angle sous lequel il est illuminé par le faisceau (cas par exemple de l'obstacle 02), ce qui donne une largeur globale de l'écho plus importante.

En ce qui concerne l'amplitude des échos, celle-ci est une fonction décroissante de la distance.

Pour des objets très proches de la source, il est par ailleurs possible d'obtenir des réflexions secondaires provenant d'un double trajet aller-retour des ultrasons entre la source et la cible : ainsi, un obstacle situé à 30 cm provoquera un écho secondaire identique à celui qu'aurait produit un obstacle situé à 60 cm.

Cette dernière caractéristique permet de ne prendre en compte que les échos intervenus après une certaine durée t_0 , par exemple de l'ordre de 3,5 ms ce qui correspond à une distance minimale de détection de 0,60 m pour un écho principal (et de 0,30 m pour un écho secondaire).

Le signal ainsi recueilli, après numérisation comme indiqué plus haut, va être échantillonné en périodes Δt de 650 μs , ce qui correspond à une résolution en distance d'environ 0,11 m à la température ambiante.

En pratique, on pré-échantillonnera le signal quatre fois pendant la période Δt (c'est-à-dire toutes les 160 μs) : si un écho est détecté au moins deux fois de suite parmi les quatre positions du pré-échantillon, alors la position correspondante de l'échantillon est

mise à 1 ; dans le cas contraire, cette position est mise à 0.

5 On réalise ainsi un échantillonnage dans le domaine temporel du signal reçu, correspondant à un découpage de la scène en une pluralité de zones, par exemple au nombre de 32, les distances étant simplement obtenues en comptant le nombre de périodes de 650 μ s depuis l'origine t0.

10 L'échantillon ainsi obtenu avec la configuration de la figure 6 est illustré figure 8 : on voit que, sur les 32 positions, les positions 5, 12 et 13, et 19 sont mises à 1, correspondant aux différents obstacles O1, O2 et O3, situés aux distances respectives d1, d2 et d3.

15 Cet échantillon de 32 positions donne une image numérique instantanée de la scène ; on appellera "point" de l'image toute position à 1.

20 Cette opération d'échantillonnage va être répétée périodiquement dans le temps, par exemple toutes les 160 ms (un cycle du microcalculateur), ce qui permettra de suivre l'évolution dans le temps de l'image.

On va maintenant décrire le traitement logiciel du signal, en référence à la figure 12.

25 A la mise sous tension et en cas de passage en mode automatique (voir ci-dessus), on procède préalablement à une étape préalable 10 d'acquisition des points d'une image de référence, qui sera conservée en mémoire. Cette étape consiste à prendre en compte tous les échos apparaissant autour de 48 cycles successifs (environ 8 s) et à les considérer comme formant 30 les points respectifs de l'image de référence.

Dans le cas de la scène de la figure 6, l'image obtenue sera celle de l'échantillon de la figure 8.

Par sécurité, et pour neutraliser l'influence des petites variations du temps de retour des échos (turbulences, balancement de branches d'arbre,), on adjoint de part et d'autre de chaque point de l'image un point supplémentaire, obtenant ainsi l'image de référence finale illustrée figure 9, avec trois zones Z1, Z2 et Z3 correspondant à chacun des trois obstacles O1, O2 et O3.

Une fois cette phase d'acquisition de l'image de référence achevée, on procède à une étude de l'évolution de l'image instantanée de la scène et à une détection éventuelle d'un nouvel obstacle à signaler.

Au cours de cette étape 20 d'analyse de l'image instantanée, qui dure un cycle (160 ms), on regarde si un écho apparaît en dehors d'un des points de l'image de référence.

Dans la négative, on réitère l'opération au cycle suivant.

Dans l'affirmative, on effectue une étape 30 de pré-étude du nouvel écho apparu, de manière à déterminer s'il s'agit réellement d'un obstacle devant être signalé (individu approchant) ou bien s'il s'agit d'une simple perturbation apportée par l'environnement.

A cet effet, on va étudier l'évolution à court terme de l'écho nouveau apparu, sur une durée de 8 cycles (environ 1,3 s).

On effectue les tests suivants :

1°) détection d'un mouvement radial du nouvel obstacle : si, pendant les 8 cycles de la pré-étude (c'est-à-dire sur les 8 échantillons consécutifs de la scène observée), le nouvel écho se déplace au moins deux fois de suite, soit vers l'avant soit vers l'arrière,

on considère qu'il y a une cible mobile radialement à signaler, et on déclenche l'alarme ; la phase de pré-étude est alors terminée .

2°) Test de détection de mouvement transversal :

5 Par ailleurs, toujours pendant les 8 cycles de la pré-étude, et au cas où la condition précédente de détection de mouvement radial ne se réalise pas, le microcalculateur détermine si les conditions suivantes sont ou non vérifiées :

10 a) le nouvel écho est apparu pendant au moins 3 cycles, consécutifs ou non, des 8 cycles de la pré-étude (ceci pour éliminer les échos fugaces dus à des causes sporadiques : faisceau traversé par le vol d'un oiseau,).

15 b) le nouvel écho produit un effet substantiel de "masquage" des points de l'image de référence correspondant à des obstacles situés à plus grande distance que l'écho naissant, en raison de l'"ombre portée" par le nouvel obstacle sur les obstacles préexistants. Plus précisément, on détermine la valeur $\Delta = (\text{nombre d'échos qui apparaissent hors des points de l'image de référence}) - (\text{nombre d'échos qui apparaissent à l'endroit des points de l'image de référence})$; si, d'un échantillon à l'autre cette valeur Δ varie de plus de 3 unités, alors la condition est considérée comme remplie.

20 c) l'écho n'est pas immédiatement adjacent à un écho de l'image de référence : ceci pour éviter de très faibles modifications de la scène (par exemple des buissons se balançant dans le vent) ou des variations de la vitesse du son résultant de changements de température .

25 d) la largeur du nouvel écho correspond à au moins deux positions consécutives de l'échantillon :

30

ceci pour tenir compte du caractère naissant d'un écho dû aux variations de température .

5 e) le nombre d'apparition et de disparition du nouvel écho durant les 8 cycles de l'étape de pré-étude n'est pas supérieur à 3 : ceci pour éliminer les échos fugaces, dus par exemple aux mouvements d'air ambiant (vent, courant d'air,).

10 On considère qu'il y a obstacle à signaler, et donc alarme à déclencher, soit lorsque les conditions a, c, d, e , sont cumulativement réunies, soit lorsque les conditions b, c, d, e sont cumulativement réunies. Dans l'affirmative, on déclenche une alarme, c'est-à-dire qu'on allume la lampe L (ou toute autre 15 alarme) pendant une durée donnée, par exemple 30 s, ou bien on réinitialise la temporisation de l'alarme si celle-ci est déjà en cours (étape référencée 40 sur la figure 12).

20 Dans la négative, on procède à une étude de l'évolution de l'écho à long terme (étape 50 de la figure 12), de manière à déterminer s'il y a lieu ou non de mettre à jour l'image de référence en ajoutant un point correspondant à ce nouvel écho.

25 Cette étude longue a une durée de 1024 cycles (environ 2mn 45 s), et n'est déclenchée que si aucune pré-étude ni aucune alarme ne sont en cours.

30 Seule la seconde partie de cette phase d'étude longue (en pratique les trois derniers quartz, c'est-à-dire les 768 derniers cycles) est prise en compte ; pour que le nouvel écho soit considéré comme un écho stable à prendre en compte, il suffit qu'il apparaisse au moins une fois pendant ces 768 cycles.

Dans ce cas (étape 60), on met à jour l'image de référence en ajoutant un point supplémentaire à la position correspondant à ce nouvel écho ; on ajoute également, à chacune des deux positions adjacentes, 5 un point supplémentaire, comme on l'avait fait lors de l'acquisition des points de l'image de référence dans l'étape 10.

Par ailleurs, simultanément aux étapes 20 à 60, on effectue une étape 70 de revalidation des 10 points de l'image de référence (la simultanéité est permise par un fonctionnement en temps partagé du microcalculateur).

La durée de cette étape 70 est de 1024 cycles (environ 2mn 45s), pendant lesquels le microcalculateur observe si, pour chaque point de l'image de référence, il apparaît au moins un écho.

La figure 10 montre ainsi 3 échantillons successifs obtenus au cours de cette phase de revalidation.

20 L'image de référence est ensuite mise à jour, par suppression des points pour lesquels aucun écho n'est apparu.

Par ailleurs, on adjoint aux points subsistants deux points adjacents, comme on l'avait fait lors 25 de l'étape 10 d'acquisition des points de l'image de référence. L'image de référence finalement obtenue est illustrée figure 11, où l'on voit que, par exemple, la zone Z'2 correspondant à l'obstacle 02 a été réduite d'un point, aucun écho n'étant apparu à la position 14 30 de l'échantillon au cours des 1024 cycles de la phase de revalidation. Au contraire, la zone Z'3 correspondant à l'obstacle 03 a été agrandie d'un point, des échos étant apparus à la fois aux positions 19 et 20 de l'échantillon.

5 Cette invention permet ainsi d'analyser de façon optimale les modifications de la scène dans le temps par rapport à l'image de référence, en choisissant soit le déclenchement d'une alarme dans un délai bref, soit éventuellement, et dans un délai plus long, la modification de l'image de référence elle-même.

10 Par ailleurs, on peut constater que l'invention résout parfaitement le problème de la détection des déplacements tangentiels. En effet, si des déplacements radiaux sont relativement faciles à détecter (les alarmes classiques les détectent sans difficulté), le problème se pose surtout dans la détection des déplacements tangentiels et en particulier dans leur différenciation d'avec les perturbations des échos fixes 15 dues aux mouvements d'air et aux variations de température. L'invention se révèle particulièrement efficace dans ce dernier cas, en permettant de surcroît de déclencher l'alarme même si la cible apparue et détectée reste immobile, ou ne se déplace plus que transversalement, 20 dans le champ du faisceau.

REVENDICATIONS

1. Un procédé de traitement du signal délivré par un radar de détection d'approche d'un individu, notamment pour usage à l'extérieur d'une habitation, ce radar étant un radar acoustique impulsif illuminant une scène et recevant des échos espacés dans le temps en fonction de la distance séparant le radar de l'obstacle correspondant, caractérisé par les étapes suivantes :

a) à chaque impulsion :

- 10 a1) numérisation de l'amplitude du signal ;
- a2) échantillonnage dans le domaine temporel du signal ainsi numérisé sur X positions ;

b) au cours d'une phase préalable (10) :

- 15 b1) chargement d'un registre avec l'échantillon obtenu, de manière à mémoriser une image de référence de la scène illuminée, comportant, parmi les X positions de l'échantillon, une pluralité de points correspondant chacun à un écho respectif reçu ;

20 c) à chaque impulsion suivante :

- c1) comparaison (20) de l'échantillon courant, représentatif d'une image instantanée de la scène, avec l'image de référence ;

- 25 c2) en cas de discordance, correspondant à un nouvel écho reçu, pré-étude courte (30) de la scène par analyse de N échantillons consécutifs, de manière à détecter un obstacle nouveau en discriminant celui-ci des échos parasites de l'environnement ;
- c3) en cas d'obstacle nouveau ainsi détecté, déclenchement (40) d'une signalisation et/ou d'une alarme.

30 2. Un procédé selon la revendication 2, dans lequel, après l'étape c2 de pré-étude, et dans le cas

où aucun obstacle nouveau n'est détecté, on exécute les étapes suivantes :

5 c4) étude longue (50) de la scène par analyse de M échantillons consécutifs, de manière à dé-
tecter une stabilisation du nouvel écho reçu ;
c5) en cas de nouvel écho ainsi détecté stable, mise
à jour (60) de l'image de référence par addi-
tion d'un point supplémentaire correspondant à
ce nouvel écho stable reçu.

10 3. Un procédé selon l'une des revendications 1 et 2, dans lequel, simultanément ou successivement à l'étape c, on exécute l'étape suivante :

d) validation (70) de l'image de référence, par :
15 d1) analyse de P échantillons consécutifs, de manière à vérifier que, pour chaque point de l'image de référence, un écho apparaît au moins une fois parmi les P échantillons consécutifs ;
d2) mise à jour de l'image de référence par suppres-
sion des points pour lesquels aucun écho corres-
pondant n'est apparu.

20 4. Un procédé selon la revendication 3, dans lequel l'exécution de l'étape d1 est suspendue lors-
qu'une étape c2 de pré-étude est déclenchée et exécutée.

25 5. Un procédé selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel l'étape a2 d'échantillonnage est précédée d'une étape de pré-échantillonnage du signal sur un nombre de positions k.X multiple de X, chaque position de l'échantillon n'étant prise en compte que si un écho est présent plusieurs fois parmi les k positions correspondants du pré-échantillon.

30 6. Un procédé selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel, après mémorisation, et éventuelle-
ment mise à jour, de l'image de référence, on exécute une étape complémentaire d'adjonction, de part et d'autre

de chaque point de l'image de référence, d'au moins un point adjacent.

5 7. Un procédé selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel l'étape c2 de pré-étude comporte un test de mouvement radial de l'obstacle nouveau, l'alarme étant déclenchée si le nouvel écho correspondant s'est déplacé au moins une fois parmi les N échantillons consécutifs analysés.

10 8. Un procédé selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel l'étape c2 de pré-étude comporte un test de mouvement transversal de l'obstacle nouveau, l'alarme étant déclenchée si le nouvel écho est présent plus d'une fois parmi les N échantillons successifs analysés, ou si cet écho fait disparaître une pluralité d'autres échos correspondant à des obstacles situés à plus grande distance.

20 9. Un procédé selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel l'étape c2 de pré-étude comporte un test de mouvement transversal de l'obstacle nouveau, l'alarme étant déclenchée si le nouvel écho correspondant n'est pas immédiatement adjacent à un point de l'image de référence.

25 10. Un procédé selon l'une des revendications 1 à 9, dans lequel l'étape c2 de pré-étude comporte un test de mouvement transversal de l'obstacle nouveau, l'alarme étant déclenchée si le nouvel écho correspondant présente une largeur correspondant à au moins deux positions successives de l'échantillon.

30 11. Un procédé selon l'une des revendications 1 à 10, dans lequel l'étape c2 de pré-étude comporte un test de mouvement transversal de l'obstacle nouveau, l'alarme étant déclenchée si le nombre d'apparitions et de disparitions du nouvel écho correspondant, parmi

les N échantillons successifs analysés, reste inférieur à un nombre prédéterminé.

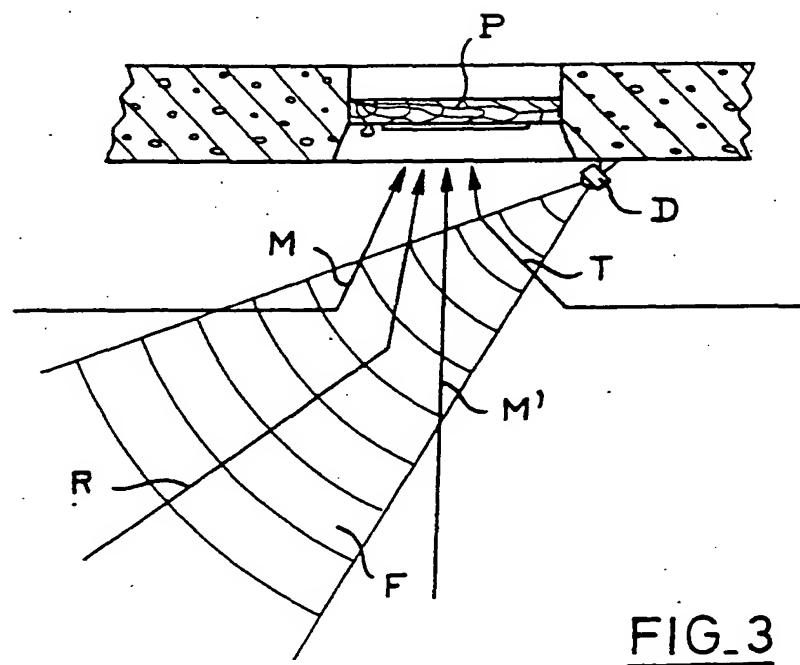
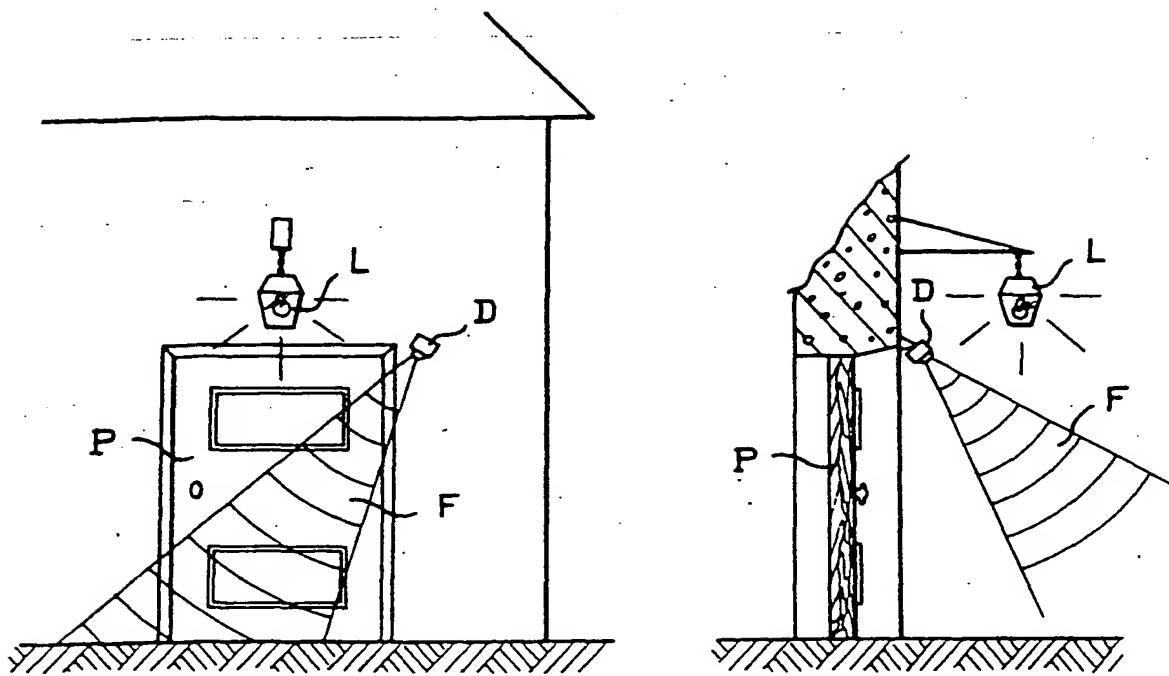
12. Dispositif radar de détection d'approche d'un individu, notamment pour usage à l'extérieur d'une habitation, du type comprenant :

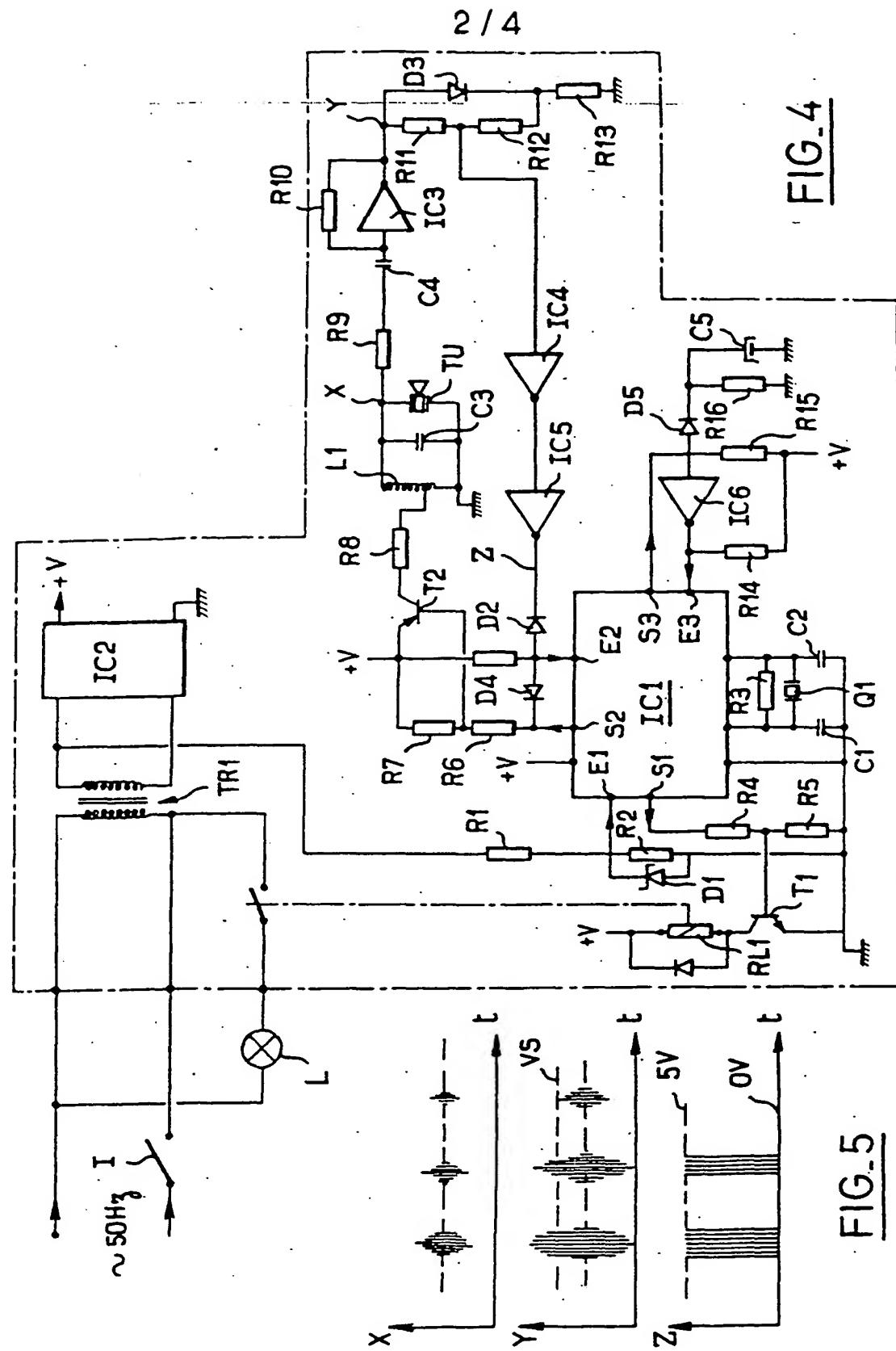
- . des moyens (IC1, T2, TU) émetteurs-récepteurs d'un signal acoustique pulsé ;
- . des moyens (IC3) d'amplification du signal reçu ;
- . des moyens (RL1) de déclenchement d'une signalisation (L) et/ou d'une alarme ;

caractérisé en ce qu'il comporte en outre :

- . des moyens (IC1) de traitement du signal amplifié par un procédé selon l'une des revendications 1 à 11.

1 / 4





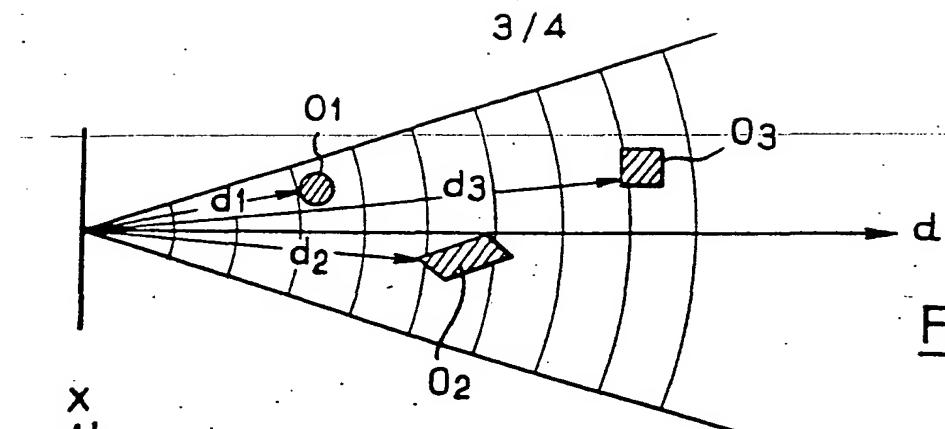


FIG. 6

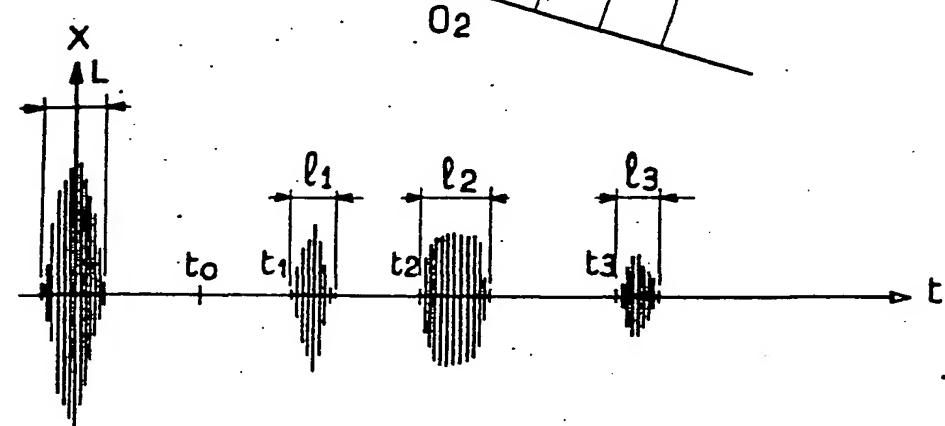


FIG.7

Timing diagram showing binary waveforms at $t_0 \approx 3,5\text{ms}$, t_1 , t_2 , t_3 , and $t_4 = t_0 + 32 \cdot \Delta t$. The diagram illustrates the propagation of a signal over a distance of approximately 4.10 meters.

The diagram shows a sequence of binary digits (0 or 1) at different time points. At t_0 , the waveform is 00000100000001100000010000000000000000. At t_1 , the waveform is 0123456----1213----19----31. The time interval $\Delta t = 650\mu\text{s}$ corresponds to a distance of approximately 0.11 meters. The total distance from t_0 to t_4 is approximately 4.10 meters.

FIG.-8

Diagram illustrating a sequence of binary digits (0s and 1s) with indices 0 through 31 below. The sequence is divided into three groups labeled Z_1 , Z_2 , and Z_3 , each containing 6 bits.

FIG. 9

0	1	2	---	-----	13	-----	18	19	20	-----	-----	31
---	---	---	-----	-------	----	-------	----	----	----	-------	-------	----

FIG-10

FIG. 11

4 / 4

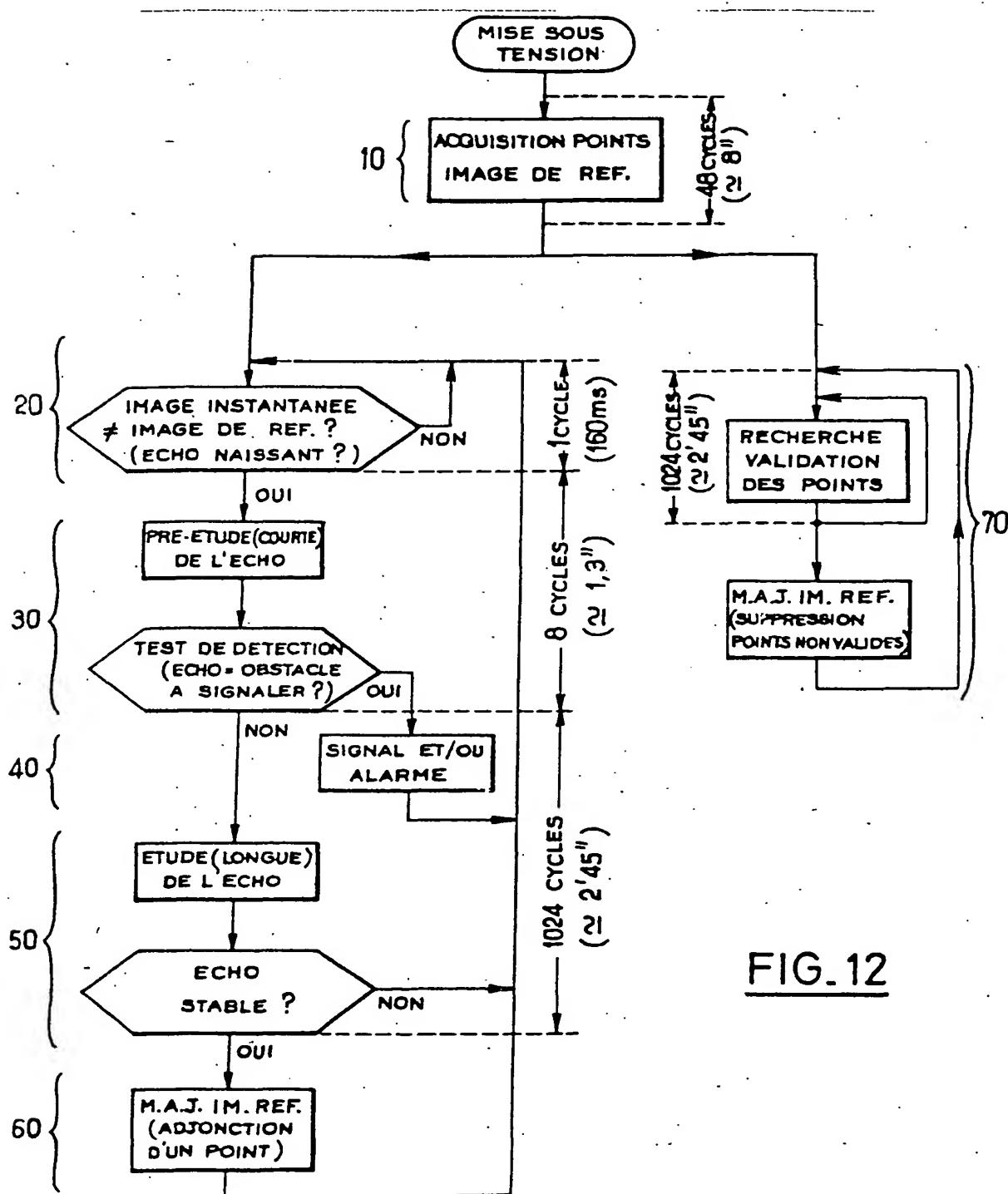


FIG. 12

